

УДК 543.242.82

С.В. Смирнов, Р.А. Хатыпова, Г.В. Киселёва, О.П. Гриб
(S.V. Smirnov, R.A. Khatypova, G.V. Kiselyova, O.P. Grib)

УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

В.Б. Ивакин
(V.B. Ivakin)

Институт теплофизики УрО РАН
(Institute of Thermal Physics UB RAS, Ekaterinburg)

**ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ МЫШЬЯКА РЕАГЕНТАМИ
НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА(VI)
(NATURAL WATER ARSENIC ELIMINATION
BY Fe(VI)-Based AGENTS)**

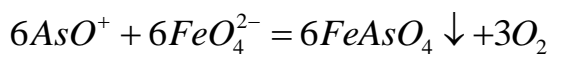
Проведено моделирование и разработана технология реагентной очистки природных вод от соединений мышьяка(III).

Reactant natural water purification technology to eliminate arsenic (III) compounds has been developed.

Токсичные соединения мышьяка с высокой биологической активностью достаточно часто встречаются в природе. Наибольшей способностью к миграции обладают водорастворимые соединения мышьяка(III), которые встречаются в поверхностных источниках водоснабжения в виде солей мышьяковистой кислоты. При очистке природных источников водоснабжения технология должна обеспечивать достижение ПДК, поскольку отсутствует возможность регулирования концентрации управлением предельно допустимого стока.

Целью работы является моделирование процессов, протекающих при обезвреживании и очистке водных растворов от соединений мышьяка(III), и разработка технологии очистки поверхностных источников водоснабжения. В качестве реагента, выполняющего функции окислителя и одновременно образующего малорастворимый арсенат железа(III), выбраны ферраты(VI) натрия и калия.

Стандартные электродные потенциалы окисления арсенит-ионов до арсенат-ионов составляют 0,71 В в щелочной и 0,56 В в кислой среде. Это означает, что окисление мышьяка(III) феррат(VI)-анионами происходит практически при любых значениях *pH* растворов, например,



Полнота осаждения мышьяка из растворов определяется значениями PP_{FeAsO_4} и активных концентраций $[Fe^{3+}]$ и $[AsO_4^{3-}]$ для равновесия $FeAsO_4 \rightleftharpoons Fe^{3+} + AsO_4^{3-}$. Образование гидроксида железа(III), мышьяковой кислоты и их производных $FeOH^{2+}$, $Fe(OH)_2^+$, $HAsO_4^{2-}$, $H_2AsO_4^-$ при гидролизе осложняет осаждение арсената железа(III).

Эффективное осаждение арсената железа(III) наблюдается в интервале 5, 5–7,5 единиц. Зависимость растворимости $FeAsO_4$ от pH является ниспадающей и асимптотически приближается к оси абсцисс. Рост pH сопровождается уменьшением активной концентрации $[Fe^{3+}]$ вследствие гидролиза. При pH более 8 происходит практически необратимое осаждение гидроксида железа(III). Лабораторные испытания показали их адекватность математическим моделям.

Технологическая схема очистки (см. рисунок) рассчитана на непрерывную обработку природных вод.

Вода из источника водоснабжения перекачивается в резервуар-усреднитель. Обезвреживание и кристаллизация соединений мышьяка осуществляются в реакторе, работающем в периодическом режиме. Кислотность среды в реакторе корректируется серной кислотой. Для обеспечения непрерывности процесса предусмотрен резервуар-накопитель. При растворении реагента (узел 1) образуется осадок $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, который после сгущения используется в технологии получения ферратов (VI) натрия и калия.

Установка для очистки природной воды представляет набор модулей, которые достаточно легко транспортируются к месту установки и монтируются в любых помещениях, в которых обеспечен температурный режим не ниже 10°C. Работа отдельных модулей установки контролируется и управляется с помощью специального блока, что позволяет осуществлять очистку в полуавтоматическом режиме.

Принципиальная технологическая схема очистки природных вод, содержащих до 5 г/м³ водорастворимого мышьяка (III):

- 1 – узел приготовления рабочего раствора реагента;
- 1.1 – бункер для хранения и дозирования реагента;

- 1.2 – резервуар для растворения и хранения рабочего раствора;
 2 – резервуар-усреднитель для приемки и хранения природной воды;
 3 – резервуар для раствора серной кислоты;
 4 – реактор для обезвреживания и кристаллизации соединений мышьяка;
 5 – резервуар-накопитель пульпы;
 6 – горизонтальный отстойник;
 7 – резервуар-накопитель очищенной воды;
 8 – блок контроля и управления режимами технологии очистки.
 К1 – коллектор сырой воды; С1, С2 – компрессоры сжатого воздуха;
 Н1, Н2 – насосы; Д1, Д2 и Д3 – датчики уровня и pH

